

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 096 219 A1



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
02.05.2001 Bulletin 2001/18

(51) Int Cl.7: F41G 7/22

(21) Numéro de dépôt: 00402990.6

(22) Date de dépôt: 27.10.2000

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: 29.10.1999 FR 9913633

(71) Demandeur: GIAT INDUSTRIES
78000 Versailles (FR)

(72) Inventeurs:
• Lefebvre, Gérald
78140 Vélizy (FR)
• Muller, Sylvain
78310 Maurepas (FR)

(74) Mandataire: Célanie, Christian
Cabinet Célanie,
13 route de la Minière,
BP 214
78002 Versailles Cedex (FR)

(54) Procédé et système pour détecter une menace tirée sur un objet fixe ou mobile

(57) L'invention concerne un procédé pour détecter une menace tirée vers une munition tirée à courte distance d'un véhicule blindé.

Ce procédé consiste à définir en avant d'une zone de l'objet au moins deux champs d'observation (CH1, CH2) tels que la menace soit obligée de traverser ces deux champs avant d'atteindre l'objet, à détecter les points d'entrée et de sortie de la menace dans chaque

champ d'observation et leurs coordonnées par rapport à un système de référence, à calculer les temps mis par la menace pour traverser chaque champ d'observation et pour passer d'un champ d'observation à l'autre, et à calculer à partir des coordonnées des points d'entrée et de sortie d'une part, et des temps de traversée de la menace d'autre part, au moins la vitesse de la trajectoire de la menace pour permettre à l'objet de pouvoir déclencher une riposte appropriée contre la menace.

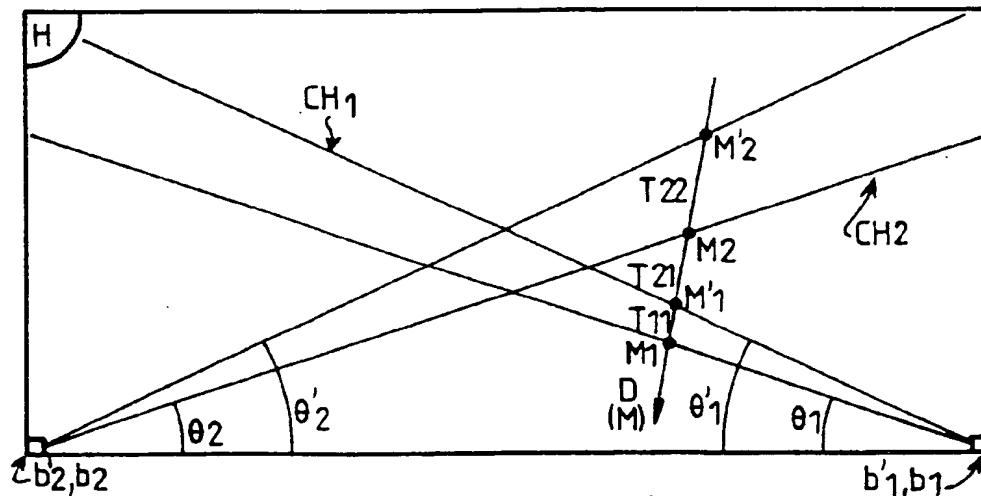


FIG. 3

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé et un système pour détecter une menace tirée sur un objet fixe ou mobile, en particulier une munition dont la trajectoire est proche d'un véhicule blindé.

[0002] On connaît actuellement un grand nombre de munitions, les roquettes ou autres obus. On connaît également des techniques de leurrage, de masquage ou de brouillage pour se protéger contre ces munitions. Cependant, ces techniques ne peuvent pas être utilisées lorsque les munitions ont subi un traitement de durcissement ou lorsque ces munitions sont tirées à des distances trop courtes pour que les moyens de leurrage, de masquage ou de brouillage puissent être orientés et mis en oeuvre à temps.

[0003] Lorsque la munition est tirée à courte distance ou est insensible au brouillage ou au leurrage une forme de protection peut consister à agresser la munition physiquement, par effet mécanique par exemple, à proximité du véhicule blindé et juste avant l'impact, en projetant vers celle-ci des éléments vulnérants tels que des plaques ou des barreaux. Le but de cette agression est de réduire suffisamment la capacité de perforation de la munition de façon à ce que son effet résiduel soit absorbé par le blindage du véhicule.

[0004] Concrètement, la mise en oeuvre de ce type de protection nécessite le calcul du point d'interception entre le vecteur de la riposte, qui est tiré à partir du char, et la munition, ce qui nécessite de détecter l'arrivée de la munition, de l'identifier comme telle et de déterminer avec précision sa trajectoire et sa vitesse, sachant :

- que la vitesse de la munition peut varier de 200 m/s à 1 000 m/s pour les missiles et les roquettes, et de 1 000 m/s à 2 000 m/s pour les obus,
- que le diamètre de la munition peut aller d'environ 1 cm pour les obus type flèche à plus de 20 cm pour les missiles, et
- que la longueur de la munition est généralement supérieure à 60 cm.

[0005] D'une manière générale, le traitement de menaces telles que les missiles est plus aisé que celui des projectiles cinétiques pour des raisons de vitesse, d'approche et de vulnérabilité. En effet, pour les missiles, l'impact d'un ou plusieurs éclats ou de petits projectiles projetés à partir du véhicule blindé peut-être suffisant pour neutraliser ces missiles. Ce type de défense simplifie aussi bien la détection, car il n'est pas nécessaire de connaître avec précision la trajectoire et le point d'impact, que le traitement de la riposte avec des charges à éclats.

[0006] Par contre, le traitement de projectiles cinétiques est autrement plus complexe du fait de leur vitesse élevée, de la nécessité d'agresser les projectiles avec une énergie très importante, ce qui impose la connaissance précise de la trajectoire du projectile car on ne

peut envisager de projeter à partir d'un véhicule blindé une matière à grande vitesse sur une surface ou un angle très important.

[0007] Il est donc nécessaire de disposer d'un moyen de détection de la menace qui puisse être capable de l'identifier avec une extrême fiabilité pour éviter que de fausses alarmes ne déclenchent des ripostes intempestives à partir du véhicule blindé, de la localiser avec une extrême précision de l'ordre de quelques centimètres, et d'avoir un temps de réponse compatible avec le traitement ultérieur de la menace.

[0008] A partir de ces conditions, plusieurs types de solutions ont déjà été envisagés.

[0009] Une solution connue consiste à utiliser un radar centimétrique ou millimétrique, mais cette solution présente des inconvénients majeurs, à savoir : peu de précision dans la localisation de la menace, et le fait que ce radar est un élément actif non discret et coûteux.

[0010] D'autres solutions connues sont basées sur des capteurs d'imageries associés à des traitements d'image, mais ce type de solution conduit à mettre en oeuvre des capteurs aptes à travailler à des fréquences d'acquisition de plusieurs kHz. Bien que de tels capteurs commencent à exister dans la bande spectrale visible ou proche de l'infrarouge, ils sont peu adaptés à une utilisation passive car il faut éclairer la scène.

[0011] Enfin, on trouve également dans la littérature des solutions faisant état de moyens combinant le radar et l'optronique, mais ces solutions conduisent à des coûts de mise en oeuvre particulièrement élevés.

[0012] Le but de l'invention est de concevoir un procédé de détection d'une menace qui puisse pallier les inconvénients précités d'une part, et puisse être mis en oeuvre par un système fiable et peu onéreux d'autre part.

[0013] A cet effet, l'invention propose un procédé pour détecter une menace tirée vers un objet fixe ou mobile, en particulier une munition à haut pouvoir perforant, à courte distance d'un véhicule blindé, le procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste :

- à définir en avant d'une zone de l'objet au moins deux couples de champs d'observation tels que la menace soit obligée de traverser ces deux couples avant d'atteindre ladite zone de l'objet,
- à détecter les points d'entrée et de sortie de la menace dans chaque champ d'observation, et leurs coordonnées par rapport à un système de référence,
- à calculer les temps mis par la menace pour traverser chaque champs d'observation et pour passer d'un champ d'observation à l'autre, et
- à calculer à partir des coordonnées des points d'entrée et de sortie d'une part, et des temps de traversée de la menace d'autre part, au moins la vitesse et la trajectoire de la menace pour permettre à l'objet de pouvoir déclencher une riposte appropriée contre la menace.

[0014] D'une manière générale, le procédé consiste à définir chaque champ d'observation à partir de photodétecteurs disposés en lignes dans un plan sensiblement vertical par rapport à l'objet d'une part, et d'une optique d'autre part, pour définir deux plans verticaux formant un dièdre et délimitant chaque champ d'observation sous la forme d'un secteur angulaire.

[0015] En particulier, le procédé consiste à définir chaque plan de dièdre d'un champ d'observation à partir d'une paire de barrettes ou de matrices de photo-détecteurs, ces deux paires étant situées à distance l'une de l'autre pour que les deux champs d'observation s'interceptent l'un avec l'autre.

[0016] Le procédé consiste également à identifier le type de la menace en calculant sa longueur en tenant compte entre autre du temps nécessaire à la menace pour traverser au moins un champ d'observation.

[0017] Avantageusement, le procédé consiste à mesurer la température de surface de la menace pour l'identifier avec plus de précision, en particulier lorsque la menace est un projectile flèche et, à cet effet, le procédé consiste à utiliser des barrettes de photo-détecteurs sensibles à des longueurs d'onde différentes dans le domaine de l'infrarouge thermique.

[0018] L'invention a également pour objet un système de détection d'une menace tirée vers un objet fixe ou mobile pour la mise en oeuvre du procédé tel que défini précédemment, caractérisé en ce qu'il comprend :

- des barrettes ou des matrices de photo-détecteurs associées à un dispositif optique pour définir au moins deux champs d'observation en avant d'une zone de l'objet, et
- des moyens de traitement analogique et numérique qui sont reliés aux dits photo-détecteurs pour détecter l'arrivée d'une menace qui traverse les deux champs d'observation à partir des signaux analogiques délivrés par les photo-détecteurs, et pour calculer au moins la vitesse, la trajectoire et la longueur de la menace.

[0019] D'une manière générale :

- chaque champs d'observation est défini à partir d'une paire de deux barrettes adjacentes de photodétecteurs montées dans un plan sensiblement vertical par rapport à l'objet, et
- les deux paires de barrettes de photo-détecteurs sont portées par l'objet et situées à distance l'une de l'autre pour que les deux champs d'observation qu'elles définissent s'interceptent l'un avec l'autre.

[0020] Le système de mise en oeuvre du procédé présente notamment l'avantage d'être peu complexe, tout en présentant une bonne fiabilité dans le traitement des menaces susceptibles d'agresser le véhicule blindé et en permettant à ce dernier de pouvoir riposter de la façon la plus appropriée.

[0021] D'autres avantages, caractéristiques et détails de l'invention ressortiront plus clairement à la lecture du complément de description qui va suivre en référence aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemple et dans lesquels :

- les figures 1 et 2 représentent respectivement et schématiquement les projections dans un plan horizontal et dans un plan vertical de deux champs d'observation définis en avant de l'objet selon un premier mode de réalisation d'un système de mise en oeuvre du procédé de l'invention,
- la figure 3 illustre schématiquement dans un plan horizontal la trajectoire d'une menace qui traverse les deux champs d'observation tels que représentés aux figures 1 et 2,
- la figure 4 est une vue dans un plan vertical des champs d'observation selon un deuxième mode de réalisation, et
- les figures 5 et 6 représentent schématiquement les projections dans un plan vertical et dans un plan horizontal de deux champs d'observation définis autour de l'objet selon un troisième mode de réalisation.

[0022] Comme cela a été évoqué en préambule, un véhicule blindé est susceptible d'être agressé par une menace qui peut être tirée à courte distance de ce véhicule.

[0023] Pour pouvoir déclencher une riposte appropriée contre cette menace, le véhicule blindé est équipé d'un système qui est en mesure de détecter l'arrivée de la menace, de l'identifier comme telle, de déterminer avec précision sa trajectoire et sa vitesse et, si possible, de l'identifier.

[0024] Selon l'invention, l'arrivée d'une menace est détectée par un procédé qui consiste à définir à partir du véhicule blindé et en avant d'une zone de celui-ci des champs d'observation tels que la menace doit nécessairement traverser au moins deux de ces champs CH_1 et CH_2 avant d'atteindre ladite zone du véhicule blindé selon le mode de réalisation illustré sur les figures 1 à 3.

[0025] Chaque barrette associée à son optique délimite un plan d'observation. Comme les deux barrettes délimitant un champ d'observation sont très proches, on peut les considérer comme spatialement confondus. Dans ces conditions, chaque champ d'observation CH_1 et CH_2 est délimité par les deux faces d'un dièdre correspondant aux deux plans d'observation et par l'arête commune matérialisée par les barrettes.

[0026] Chaque détecteur de la barrette sera en mesure de réagir dès que la menace traverse le plan d'observation de l'une ou l'autre barrette.

[0027] Les deux barrettes de photo-détecteurs associées aux deux faces d'un dièdre sont placées au niveau de l'arête commune du dièdre, et les deux paires de barrettes de photo-détecteurs sont supportées par l'objet, situées chacune dans un plan sensiblement vertical par

rapport à l'objet et disposées de manière à ce que les deux champs d'observation CH_1 et CH_2 s'interceptent l'un avec l'autre.

[0028] Les deux champs d'observation CH_1 et CH_2 sont schématiquement illustrés en projection dans un plan horizontal H (figure 1) et dans un plan vertical V (figure 2).

[0029] Les deux barrettes b'_1 et b_1 de photo-détecteurs associées au champ d'observation CH_1 sont situées au point B . La barrette b'_1 est associée à la face f'_1 du dièdre, alors que la barrette b_1 est associée à la face f_1 du dièdre, ces deux faces f'_1 et f_1 formant des angles θ'_1 et θ_1 par rapport à l'axe horizontal AX (figure 1). D'une manière analogue, les deux barrettes b'_2 et b_2 de photo-détecteurs associées au champ d'observation CH_2 sont situées au point A .

[0030] Les deux faces f'_1 et f_1 du champ d'observation CH délimitent entre elles un angle α_1 dans le plan vertical V (figure 2), alors que les deux faces f'_2 et f_2 du champ d'observation CH_2 délimitent entre elles un angle α_2 dans ce plan vertical V (figure 2).

[0031] Soit une menace M qui a été tirée en direction du véhicule blindé. Supposons que la menace ait une trajectoire suivant une direction D , cette trajectoire étant assimilable à une droite. En effet, on peut admettre que la vitesse de la menace M est sensiblement constante sur l'intervalle de temps considéré qui peut varier de quelques micro-secondes seulement à quelques millisecondes, et que dans cet intervalle de temps le véhicule, même en mouvement, peut être considéré comme étant fixe.

[0032] Supposons que la menace M traverse successivement les deux champs d'observation CH_2 et CH_1 . Dans cette hypothèse illustrée sur la figure 3 dans le plan horizontal H (figure 3) :

- un détecteur de la barrette b'_2 va détecter le point d'entrée de la menace M dans le champ d'observation CH_2 , ce point d'entrée projeté dans un plan horizontal H donnant un point M'_2 , et,
- un détecteur de la barrette b_2 va détecter le point de sortie de la menace M hors du champ d'observation, ce point de sortie projeté dans le plan horizontal H donnant un point M_2 .

[0033] D'une manière semblable, on peut définir les points d'entrée M'_1 et de sortie M_1 de la menace M qui traverse ensuite le champ d'observation CH_1 .

[0034] On va pouvoir ainsi calculer les temps T_{22} , TR_2 et T_{11} mis par la menace M pour traverser le champ CH_2 , pour passer du champ CH_2 au champ CH_1 et pour traverser le champ CH_1 , respectivement.

[0035] Sachant que les vitesses associées V_{22} , V_{21} et V_{11} de la menace M sont les mêmes, on peut en déduire les deux relations suivantes :

$$T_{21} \times M'_2 M_2 = T_{22} \times M_2 M_1 (V_{22} = V_{21}),$$

$$T_{11} \times M'_2 M_2 = T_{22} \times M'_1 M_1 (V_{22} = V_{11}).$$

[0036] Ces deux relations vont donner lieu à quatre équations suivant les projections sur les deux axes du plan horizontal H . Par ailleurs, les quatre points M'_2 , M_2 , M'_1 et M_1 appartiennent chacun à des droites distinctes du plan horizontal H , ce qui va fournir quatre équations supplémentaires. On disposera donc de huit équations à huit inconnues, ces dernières étant les deux coordonnées de chacun des points M'_2 , M_2 , M'_1 et M_1 dans le plan horizontal H .

[0037] On pourra ainsi calculer la vitesse de la menace M dans le plan horizontal H .

[0038] En outre, la coordonnée suivant un axe vertical de chacun des quatre points où la menace M franchit les champs d'observation CH_1 et CH_2 , est déduite à partir des photo-détecteurs qui auront réagi et qui sont représentatifs du site de la menace M , sachant que la résolution de la mesure de site sera égale à α/N où N représente le nombre de photo-détecteurs contenus dans une barrette.

[0039] A partir de ces coordonnées suivant l'axe vertical, des coordonnées des points M'_2 , M_2 , M'_1 et M_1 dans le plan horizontal H et de la mesure des temps T_{22} , T_{21} et T_{11} , on peut calculer la vitesse de la menace M suivant l'axe vertical.

[0040] La trajectoire et la vitesse dans l'espace de la menace M sont alors connues, et on peut alors déclencher une riposte à partir du véhicule. Cette riposte, constituée par un système de projection d'éléments vulnérants par exemple, est déclenchée après avoir calculer un point d'interception et le moment opportun pour ce déclenchement.

[0041] D'une manière générale, il est également souhaitable de pouvoir identifier le type de la menace M , en particulier dans le cas d'un projectile flèche.

[0042] A partir des signaux délivrés par les photo-détecteurs qui ont été excités par le passage de la menace M , on peut en déduire la longueur de cette menace, mais cela n'est pas suffisant pour l'identifier d'une façon précise.

[0043] Un moyen d'identification consiste à pouvoir mesurer la température de surface de la menace M qui, dans le cas d'un projectile flèche, peut atteindre plusieurs centaines de degrés.

[0044] A cet effet, les deux paires de photo-détecteurs vont être choisies pour travailler dans deux bandes de longueurs d'ondes différentes, ce qui va permettre de remonter à la température vraie de la menace M , ces deux bandes étant de 3 à 5 μm pour l'un et de 3 à 12 μm pour l'autre, par exemple.

[0045] De préférence, on choisit un compromis dans le choix de ces bandes de longueur d'onde pour pouvoir identifier plusieurs types de menaces.

[0046] D'une manière générale, l'angle correspondant ou chaque champ d'observation de chaque face de dièdre peut être choisi pour être le plus fin possible

pour améliorer la précision de la détection. Cependant, cette finesse n'est pas indispensable car il est possible de se baser uniquement sur les débuts de détection par les faces du dièdre pour mener à bien les calculs décrits précédemment. Concrètement, la seule condition à respecter est que l'énergie émise par la menace soit supérieure à l'énergie de fond perçue par les photo-détecteurs.

[0047] Selon un deuxième mode de réalisation illustré schématiquement sur la figure 4 dans un plan vertical V, on ajoute un champ d'observation CH₃ partant du toit du véhicule par exemple, qui est dirigé vers le sol et qui intercepte les deux champs d'observation CH₁ et CH₂.

[0048] Dans ce cas, le nombre d'inconnus augmente (M₀ et M'₀) mais en se fondant comme précédemment sur le principe que la vitesse de la munition est supposée constante, le système s'enrichit d'un nombre suffisamment grand d'équation pour que la trajectoire soit parfaitement identifiable dans l'espace (et plus seulement dans un plan de projection).

[0049] Avec ce mode de réalisation, la mesure de site des points de franchissement des champs d'observation CH₁ et CH₂ par la menace M devient inutile. Ainsi, le nombre de photo-détecteurs par barrette n'est plus dicté par la résolution souhaitée dans un plan vertical mais par l'obtention d'un rapport signal/bruit suffisant dans le champ observé.

[0050] Selon un troisième mode de réalisation illustré schématiquement sur les figures 5 et 6, on utilise trois champs d'observation CH₁, CH₂ et CH₃ ayant des formes coniques (qui entourent le véhicule) comme montré sur la figure 5 et qui, dans un plan horizontal H, forment des cercles concentriques C'₃-C₃, C'₂-C₂ et C'₁-C₁ qui s'interceptent les uns les autres.

[0051] Dans cet exemple, on détermine au moins la vitesse et la trajectoire de la menace M en détectant l'ordre dans lequel les champs CH₁, CH₂ et CH₃ sont franchis, et les temps mesurés entre chaque franchissement de champ. Cependant, les équations qui en résultent sont non linéaires et donc moins simples à résoudre que les modes de réalisation précédents.

[0052] D'une manière générale, les photo-détecteurs utilisés sont du type photo-voltaïque par exemple, qui délivrent des signaux analogiques.

Revendications

- Procédé pour détecter une menace tirée vers un objet fixe ou mobile, en particulier une munition à haut pouvoir perforant, à courte distance d'un véhicule blindé, le procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste :
 - à définir en avant d'une zone de l'objet au moins deux couples de champs d'observation (CH₁, CH₂) tels que la menace soit obligée de traverser ces deux couples avant d'atteindre ladite

- zone de l'objet,
- à détecter les points d'entrée et de sortie de la menace dans chaque champ d'observation, et leurs coordonnées par rapport à un système de référence,
- à calculer les temps mis par la menace pour traverser chaque champ d'observation et pour passer d'un champ d'observation à l'autre, et
- à calculer à partir des coordonnées des points d'entrée et de sortie d'une part, et des temps de traversée de la menace d'autre part, au moins la vitesse et la trajectoire de la menace pour permettre à l'objet de pouvoir déclencher une riposte appropriée contre la menace.
- Procédé de détection selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à définir chaque champ d'observation (CH₁, CH₂) à partir de photo-déTECTeurs (b₁, b'₁, b₂, b'₂) disposés en lignes dans un plan sensiblement vertical (V) par rapport à l'objet d'une part, et d'une optique d'autre part, pour définir deux plans verticaux formant un dièdre et délimitant chaque champ d'observation sous la forme d'un secteur angulaire.
- Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il consiste à définir chaque plan de dièdre d'un champ d'observation à partir d'une paire de barrettes ou de matrices de photo-détecteurs (b₁, b'₁, b₂, b'₂), ces deux paires étant situées à distance l'une de l'autre pour que les deux champs d'observation (CH₁, CH₂) s'interceptent l'un avec l'autre.
- Procédé de détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste également à identifier le type de la menace en calculant sa longueur à partir du temps nécessaire à la menace pour traverser au moins un champ d'observation.
- Procédé de détection selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il consiste à mesurer la température de surface de la menace pour l'identifier avec plus de précision, en particulier lorsque la menace est un projectile flèche.
- Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser des barrettes de photo-détecteurs ayant des longueurs d'onde différentes.
- Système de détection d'une menace tirée vers un objet fixe ou mobile pour la mise en œuvre du procédé tel que défini par l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend :
 - des barrettes de photo-détecteurs (b₁, b'₁, b₂, b'₂) associées à un dispositif optique pour dé-

finir au moins deux champs d'observation (CH1, CH2) en avant d'une zone de l'objet, et des moyens de traitement analogique et numérique qui sont reliés aux dits photo-détecteurs pour détecter une menace qui traverse les deux champs d'observation à partir des signaux analogiques délivrés par les photo-détecteurs, et pour calculer au moins la vitesse, la trajectoire et la longueur de la menace.

5

10

8. Système de détection selon la revendication 7, caractérisé en ce que chaque champ d'observation (CH1, CH2) est défini à partir d'une paire de deux barrettes adjacentes de photo-détecteurs (b1, b'1, b2, b'2) montées dans un plan sensiblement vertical par rapport à l'objet. 15
9. Système de détection selon la revendication 8, caractérisé en ce que les deux paires de barrettes de photo-détecteurs sont portées par l'objet et situées à distance l'une de l'autre. 20

25

25

30

35

40

45

50

55

6

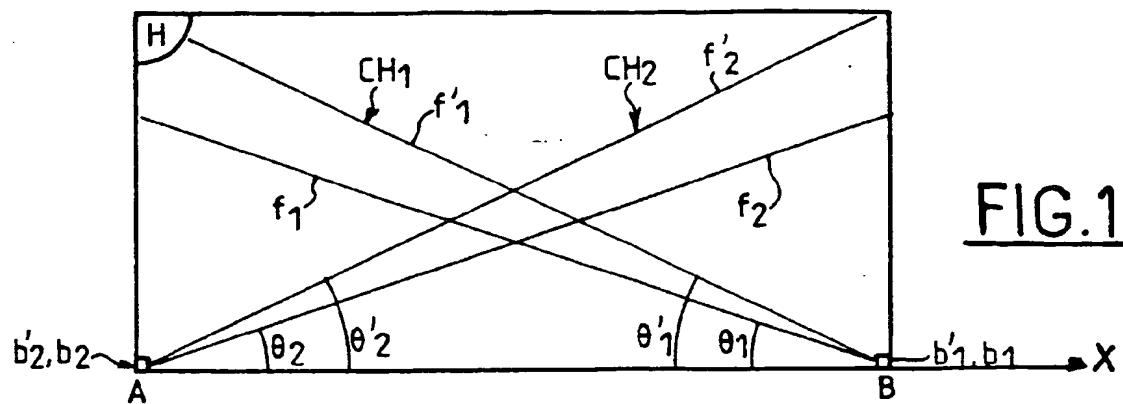


FIG.1

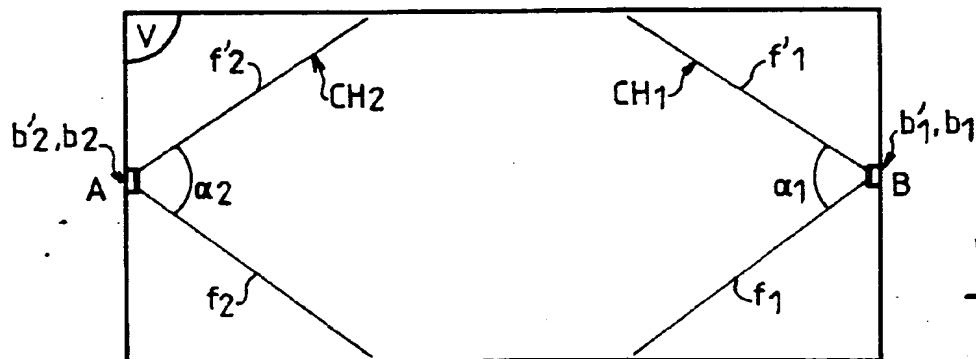


FIG.2

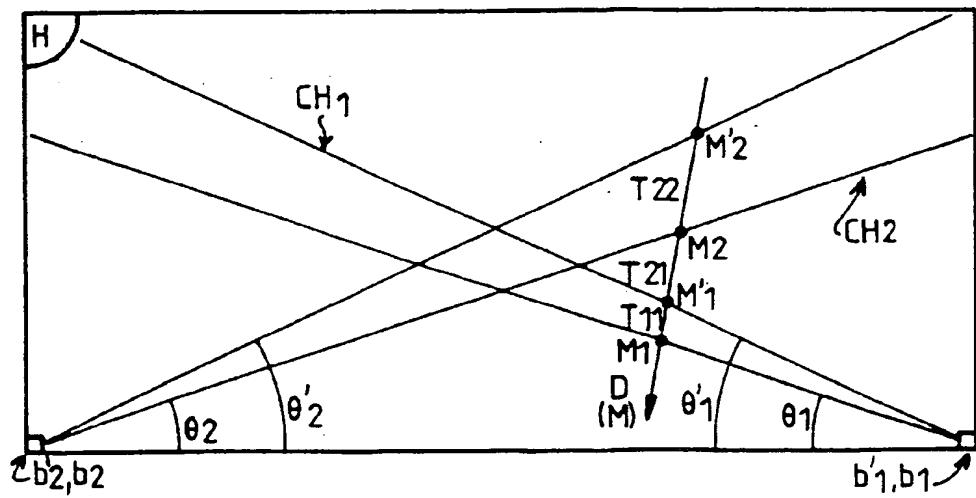


FIG.3

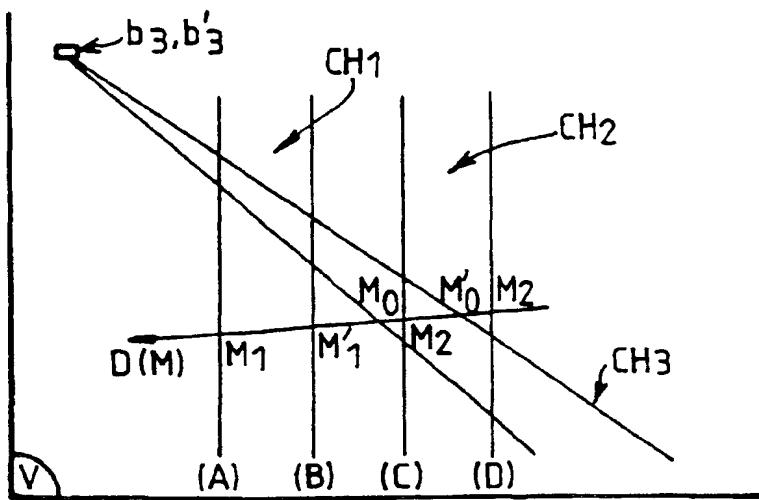


FIG.4

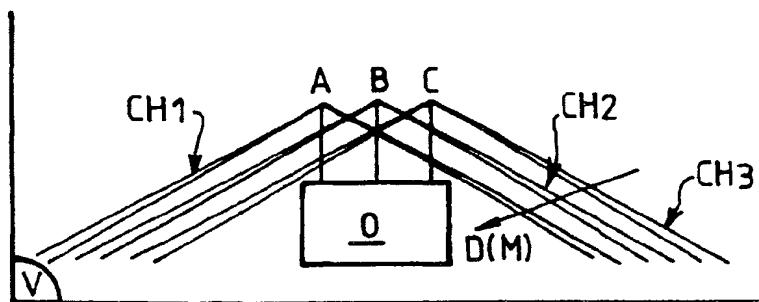


FIG.5

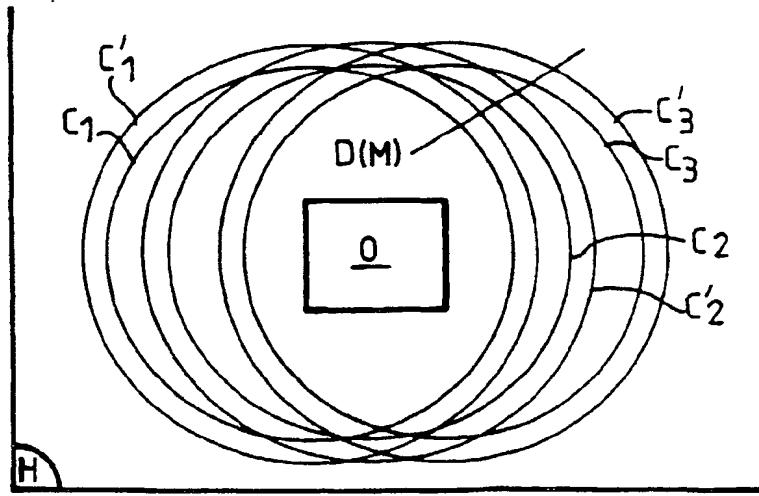


FIG.6



Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 00 40 2990

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

15-12-2000

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 4444635 A	20-06-1996	FR 2728333 A GB 2296078 A,B US 5662291 A	21-06-1996 19-06-1996 02-09-1997
FR 2570835 A	28-03-1986	AUCUN	

EPO FORM 040

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82